

殷晓光,付 庄,曹其新,刘成良  
(上海交通大学,上海 200030)

The Application of Bluetooth Technology in AGV

YIN Xiao-guan, FU Zhuang, CAO Qi-xin, LIU Cheng-liang

(Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

**摘要** 研究了AGV车体与PC控制中心的短距离无线通讯问题,分析了其通讯机理,应用蓝牙模块、80C552微控制器和RS-232接口组成了AGV车载通讯硬件,实现了PC控制中心对AGV的短距离无线控制。实验进一步验证了这一通讯方式的可靠性。

**关键词** 蓝牙;自动导引小车;流量控制;人机接口

**中图分类号** TP211.4;TP273.5

**文献标识码** B

**文章编号** 1001-2257(2003)02-0019-04

**Abstract** This paper focuses on the communication between AGV and PC control center. The principle of the communication is discussed in detail. The hardware of the communication in the AGV side includes 80C552 micro-controller, bluetooth module and RS-232 interface. So the PC control center can send commands to AGV by this way. The experiment shows the high reliability of the communication.

**Key words** bluetooth; AGV; flow control; HCI

## 0 引言

AGV是指装备有电磁或光学导引装置,能够沿规定的导引路线行驶,具有安全保护和移载功能的运输小车。AGV在运行中需要与控制中心进行命令和数据传输,因此AGV通讯技术是其发展的关键技术之一,是监控和人机交互的基础。

本文着重讨论了车载蓝牙无线通讯部分的硬件和软件设计,对蓝牙无线通讯在AGV中的应用做

收稿日期:2002-06-13

基金项目:中国博士后科学基金资助;国家自然科学基金资助(50128504)

《机械与电子》2003(2)

了有益的尝试,为AGV提供了简单、高效、可靠的无线通讯手段。

## 1 蓝牙无线通讯技术简介

蓝牙技术是一种无线数据与语音通信的开放性全球规范,它以低成本的近距离(小于10m)无线连接为基础,为固定与移动设备通信环境建立一个特别连接。其程序写在一个9mm×9mm的微芯片中<sup>[1]</sup>。本文采用的蓝牙模块是DigitalKing公司的Bom4e模块,具体指标如下:

- a 完整的蓝牙功能Class 2 输出功率(-6~+4 dBm)。
- b 已含RF屏蔽。
- c 内置固件支持到HCI层的蓝牙协议。
- d UART 数据通讯,速率460 kb/s。
- e PCM 语音接口。
- f USB 语音与数据接口。

整个蓝牙协议栈如图1所示<sup>[2]</sup>,包括蓝牙指定

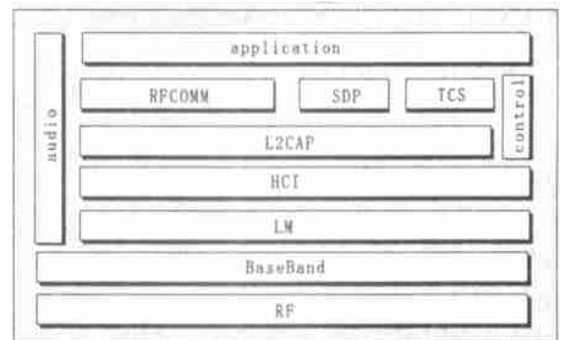


图1 蓝牙体系结构图

协议(如LMP和L2CAP)和非蓝牙指定协议(如UDP)。

蓝牙体系结构中的协议可分为4层:

- a 核心协议: BaseBand、LMP、L2CAP、SDP。
- b 电缆替代协议: RFCOMM。

c 电话传送控制协议·TCS 二进制 AT 命令集·

d 可选协议·PPP、UDP/TCP/IP、OBEX、WAP、vCard、vCal、IMC、WAE·

蓝牙核心协议由 SIG (蓝牙特殊兴趣小组) 指定协议组成, 绝大部分的蓝牙设备都需要核心协议(加上无线部分), 而其他协议根据应用的需要而定·

蓝牙的连接系统如图 2 所示<sup>[3]</sup>, 包括一个无线

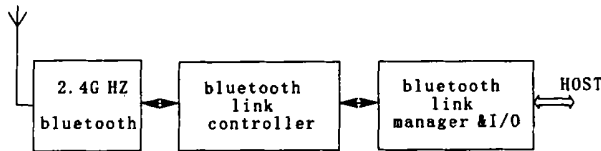
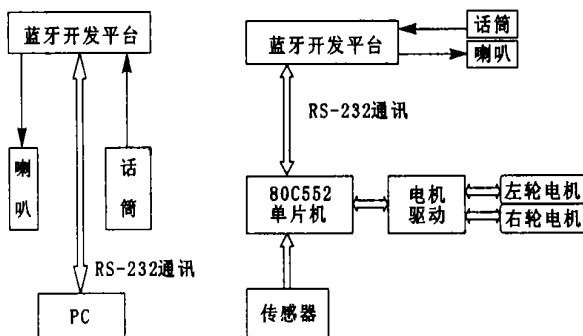


图 2 蓝牙连接系统示意图

电单元(使用 2.4GHz ISM 全球通自由波段), 一个连接控制单元, 一个为连接管理和主机终端接口提供支持的单元·其中连接控制单元实现基带协议和其它的底层连接事务·Bom 4e 模块提供了 USB 和 U S R T / P C M 2 个主机控制器接口 HCI (host controller interface), 方便了硬件设计·

## 2 A G V 车载控制系统

A G V 的通讯设计是通过 bom 4e 模块开发平台, 为 PC 和 A G V 车载系统提供稳定、可靠的信息传输·传输数据包括控制命令和双方交互的语音数据·这里采用的是 U A R T / P C M 方式·这种方式利用 U A R T 作为数据通讯接口, P C M 作为语音通讯接口·其串行传输速率可达到 460 8kbit/s·通过数据通讯接口进行控制命令的传输, 控制 A G V 运行·A G V 采用左右 2 主动轮, 前后 2 舵轮的形式·由 2 主动轮的差速实现 A G V 的运动控制·控制系统的结构框图如图 3 所示·控制系统主要包括 PC 机侧



(a) PC 控制中心 (b) A G V 车载控制器

图 3 控制系统结构框图

的控制规划软件和 A G V 车载控制系统·PC 侧的控

制规划软件主要完成 A G V 行进的控制与规划·PC 机通过 RS - 232 直接与蓝牙开发平台相连·在 A G V 端, 80C552 微处理器也通过 RS - 232 与蓝牙模块相连·80C552 按照取得的命令来控制 A G V 的行进·在 PC 和 A G V 间蓝牙设备的物理连接主要执行 HCI 协议命令·

考虑到双方的命令主要是 A C L 链路数据, 为了保证传输的完整性, 协议中将加入流量控制 (flow control)·系统工作流程如图 4 所示·

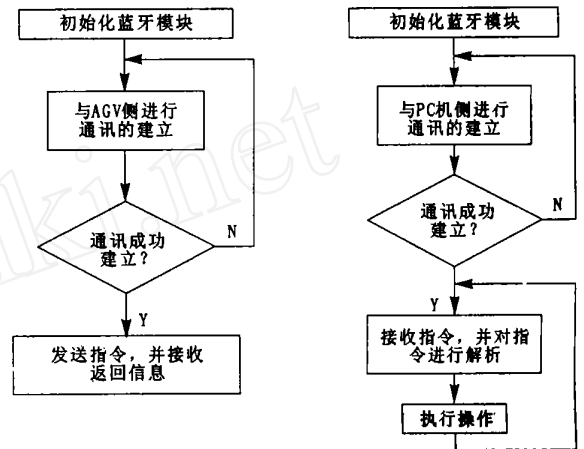


图 4 系统工作流程图

80C552MCU 的主要任务是与蓝牙模块建立通讯连接·控制左右电机按指定命令运行·分析光纤传感器所表示路标信息和超声波传感器路障信息等·

## 3 M C U 与蓝牙模块的通讯

A G V 的控制核心是 80C552 微控制器 (M C U )·M C U 的任务框图如图 5 所示·80C552 单片机采用

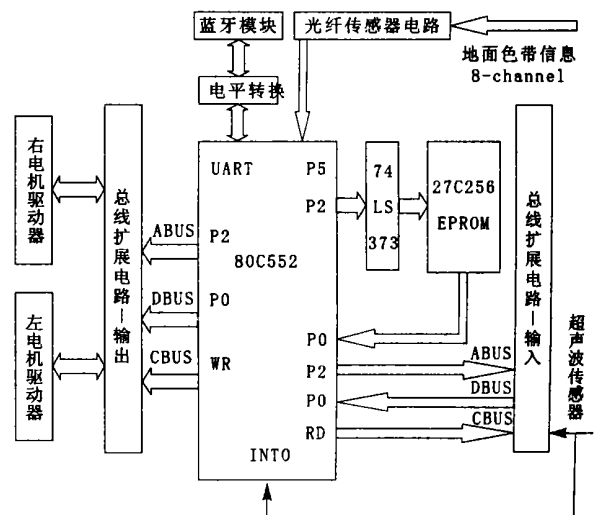


图 5 A G V 控制系统框图

先进的CMOS制造工艺,是一款MCS-51系列高性能微控制器<sup>[4]</sup>。

### 3.1 硬件部分

80C552单片机有UART口, bom 4e 模块开发平台有9针的RS232串口,它们之间的命令、信息以串行方式进行通讯。当HCI包在这样的物理介质中传播时,流控制是必需的,以便可靠地建立连接并进行通讯。但单片机的RS232串口没有CTS和RTS信号来进行流控制。所以从扩展的I/O中取1根输入线,1根输出线,来模拟CTS、RTS的流量控制功能。根据RS232的串行通讯协议,通讯设备和数传机之间需要1根零Modem(null-modem)的电缆,如图6所示。在此80C552单片机是通讯数

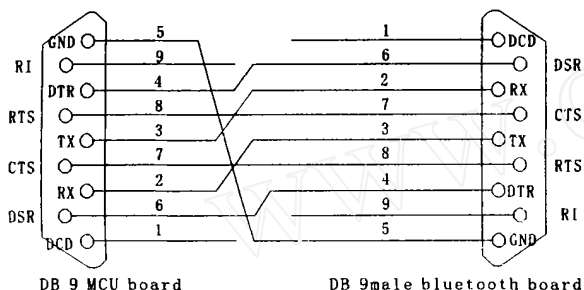


图6 特殊的零Modem 电缆图

据终端DCE(data communication equipment), 蓝牙模块是数传机DTE(data transmission equipment)。由于RS-232的电平与TTL的单片机电平相互不兼容,所以需要MAX232进行接口。MAX232实现了EA/TIA-232-E和5V TTL/CMOS之间的电平转换,具体原理如图7所示。

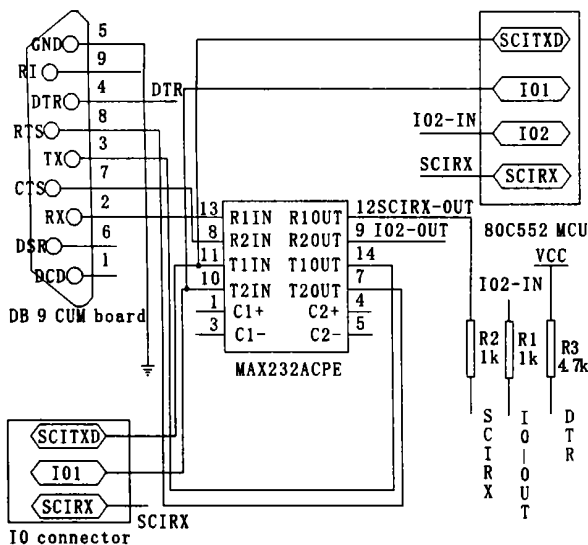


图7 RS-232的电气接口图

D1(output port), D2(input port)的地址分别是OUT 0xF4FF(0)和IN 0xF4FF(0)。这里应用的控制信号是：

a 脚7.请求发送RTS,由DTE发至DCE的信号,表示它要向DCE发送数据。当数传机就绪(DSR)、数据终端就绪(DTR)为正电平时(表示接通),RTS就应为正电压(表示接通)；

b 脚8.清除发送CTS,由DCE发至DTE的信号,表示DCE已准备好接收来自DTE的发送数据。如果数传机就绪DSR为断开状态(负电压),则CTS也应该是断开状态(负电压),表明DTE不应发送数据。CTS接通的条件是数传机就绪DSR、请求发送RTS为正电压<sup>[5]</sup>。

c 流量控制。流量控制是接收方对数据传输速率的控制,防止发方速率超过收方速率而造成数据的丢失,控制方式一般有2种RTS/CTS方式和XON/XOFF方式。

XON/XOFF控制方式节约了硬件资源,但需要软件的支持,并需要对数据流中的专用字符(13h,11h)进行处理。

RTS/CTS控制方式的前提条件是将一个串口的RTS信号线与另一个串口的CTS信号线互连,收方将串口的RTS信号设为高电平(无效)时,发方就自动停止发数据,在本系统中发方在发送数据前应先判断CTS信号是否为低电平,为低时发,为高时停止发送。在这里蓝牙模块的接口采用了RTS/CTS控制方式。利用这2个信号进行流控制。即MCU与蓝牙模块进行通讯时双方以RTS/CTS作为要求传输,是否能进行传输的联络信号。

80C552MCU的UART设置如下：

波特率 576 001/s

数据位 8bit

起始位 1bit

停止位 1bit

### 3.2 软件部分

蓝牙模块和80C552MCU之间的通讯程序流程如图8所示。

首先80C552MCU需对蓝牙模块进行初始化,在这个过程中MCU向蓝牙模块传送一系列的命令,蓝牙模块接收到这些命令后向MCU发回设置的信息。初始化的命令如下：

```
const unsigned BluetoothCommandData[9]
```

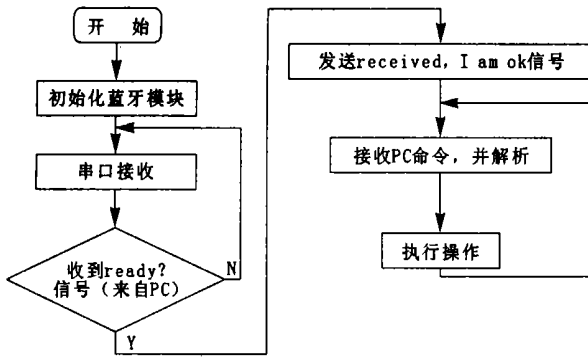


图8 蓝牙与80C552MCU之间的通讯建立过程图

```
[10] = {{0x04, 0x01, 0x03, 0x0c, 0x00} /* HCI -
Reset */
{0x05, 0x01, 0x05, 0x0c, 0x01, 0x00} /* HCI
- Set - Event - Filter */
{0x05, 0x01, 0x1a, 0x0c, 0x01, 0x03} /*
HCI - Write - Scan - Enable */
{0x05, 0x01, 0x20, 0x0c, 0x01, 0x00} /* HCI
- Write - Authentication - Enable */
{0x06, 0x01, 0x26, 0x0c, 0x02, 0x61, 0x00},
/* HCI - Write - Voice - Setting */
{0x07, 0x01, 0x05, 0x0c, 0x03, 0x02, 0x00,
0x02} /* HCI - Set - Event - Filter */
{0x06, 0x01, 0x16, 0x0c, 0x02, 0x00, 0x20},
/* HCI - Write - Connection - Accept - Timeout
*/
{0x06, 0x01, 0x18, 0x0c, 0x02, 0x00, 0x30} /*
* HCI - Write - Page - Timeout */
{0x05, 0x01, 0x07, 0xfc, 0x01, 0x03}}; /*
HCI - Ericsson - Write - PCM - Settings */
```

这些命令以二维数组的数据结构进行组织, 以利于MCU的发送操作。BluetoothCommandData[0][0], BluetoothCommandData[1][0], BluetoothCommandData[2][0]...表示每条命令所包含的元素数。其它是命令的内容。例如BluetoothCommandData[0] = {0x04, 0x01, 0x03, 0x0c, 0x00} /\* HCI - Reset \*/ BluetoothCommandData[0][0] = 0x04是表示这条命令有4个16进制数(这不属于蓝牙的协议部分, 是为了便于MCU组织数据), 0x01, 0x03, 0x0c, 0x00是命令的内容, 其中0x01表示是HCI指令分组。蓝牙将对每条命令发送返回信息。对蓝牙初始化的9条命令发送完毕后蓝牙返回的信息是一串十六进制数:

(0x04, 0x03, 0x0b, 0x00, 0x01, 0x00, 0x0b6  
0x58, 0x03, 0x0b7, 0x0d0, 0x00, 0x01, 0x00)。其中0x04表示HCI事件分组。0xb6表示对方蓝牙模块(PC机侧)的地址。MCU可根据蓝牙模块发送回来的信息来判断初始化操作成功与否, 但是由于MCU的内部RAM资源有限, 所以采用了先进行初始化操作, 这时MCU对蓝牙传回的信息不加处理(即丢弃), 以避免建立过大的缓冲区来接收这些信息。之后MCU与PC之间互相进行通讯握手的方式进行通讯建立成功与否的检验。建立成功后即可进行数据的传输, MCU和蓝牙模块进行通讯时按以上所述的流量控制方式进行。经实验PC与AGV建立通讯的成功率, 通讯时的正确率都很高。

## 4 结束语

本文介绍了MCU与蓝牙模块的通讯连接的软硬件组成, 将Bluetooth技术应用于AGV的车载控制器与控制中心的通讯中。实验证明与以往的通讯方式相比, 该通讯方式有接口规范、传输可靠和硬件结构简单的优点, 也可进一步增加AGV的灵活性。这种通讯方式具有非常大的应用潜力, 目前蓝牙已被许多手持设备所支持。有人预测到2005年, 蓝牙芯片组价格将降到5美元, 到那时蓝牙技术也将更加成熟, 更具有竞争力<sup>[6-7]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 金纯, 等. 蓝牙技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [2] Specification of bluetooth system - core V1.0b[Z]. 1999.
- [3] Specification of bluetooth system - profiles V1.0b[Z]. 1999.
- [4] 何立民, 等. 单片机应用技术选编[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1997.
- [5] 李广军, 王厚军. 实用接口技术[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1997.
- [6] <http://www.bluetooth.org.cn>, 蓝牙在中国[EB/OL].
- [7] <http://www.bluetoothonline.net>, 蓝牙在线[EB/OL].

作者简介 殷晓光 (1979-), 男, 宁夏中宁人, 上海交通大学机器人研究所硕士研究生, 研究方向为机器人控制系统; 付庄 (1972-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 上海交通大学机器人研究所博士后, 研究方向为计算机图形学和机器人智能控制。